

殺貝剤施用と落水管理を組み合わせた 湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイの食害防止

和田 節・遊佐 陽一・市瀬 克也・菅野 紘男・松村 正哉・有村 一弘・浦野 知*
(九州沖縄農業研究センター)

Control of the apple snail, *Pomacea canaliculata*, in direct-sown paddy fields, using drainage and molluscicide applications. Takashi Wada, Yoichi Yusa, Katsuya Ichinose, Hiroo Kanno, Masaya Matsumura, Kazuhiro Arimura and Satoru Urano* (National Agricultural Research Center for Kyushu-Okinawa Region, Nishigoshi Kumamoto 861-1192, Japan)

The apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), which was introduced as human food from South America about twenty years ago, is now a threat to the spread of direct-sown rice in Kyushu, southern Japan. We studied chemical control of the apple snail in two direct-sown rice fields. An application of metaldehyde pellets after sowing successfully suppressed damage to rice by apple snails, when used in conjunction with 13 or 18 days' drainage after sowing in both light and heavy rain. About 90% of snails were killed by the application of metaldehyde. One or two applications of granular iprobenfos (IBP) after sowing also suppressed damage at low snail density or in light rain. However, damage to rice occurred in heavy rain even with two IBP applications. The mortality of snails in the IBP-treated fields varied from 0% to 69%, probably depending on the rain. Thus, IBP application is not practical in direct-sown rice fields, because it often rains heavily in the sowing season in Kyushu. Metaldehyde is not yet registered as a paddy chemical in Japan, but registration is expected soon.

Key words: apple snail, control, direct-sown rice, drainage, iprobenfos, metaldehyde, *Pomacea canaliculata*

緒 言

スクミリンゴガイは南米原産の淡水巻貝で主として1980年代にアジアに食用目的で導入された(平井, 1989; Litsinger and Estano, 1993)。しかし、販路が開けず、水田生態系で野生化した貝が水稻害虫となり各国で深刻な問題になっている(Halwart, 1994; 和田, 1997)。本種は発芽直後の稲に対する加害量が大きく、直播栽培でより深刻な問題となり、九州では水稻湛水直播栽培普及の障害になっている(Kiyota and Sogawa, 1996; Yusa and Wada, 1999; 和田, 2000)。

湛水直播水稻における本種の被害回避法として、播種

後の落水管理による活動抑制(三原, 1997; 福島ら, 1998; Wada et al., 1999)や機械的破砕による密度低減(高橋ら, 2000; 高橋, 2001)、農薬による殺貝・活動抑制(福島ら, 2000; 鈴木ら, 2000)などが研究されているが、未だ確立した技術になっていない。播種後2~3週間の落水管理は被害抑制に著しい効果があるが(福島ら, 1998; Wada et al., 1999)、播種時期が梅雨期であるため浸冠水により急速に被害が進展する。農薬の中では毒餌剤であるメタルデヒド10%粒剤(以後、メタ剤と呼ぶ)が有望で、鈴木ら(2000)は播種後10日間の落水管理とメタ剤2回散布でかなりの降雨にも対応できると報告している。しかし、メタ剤はスクミリンゴガイに未登録であり、また、低コストを前提とした直播栽培で、殺貝剤の2回散布は実用性に乏しい。そこで、本種に登録のある本田用の殺貝剤の中で、最も被害抑制効果が高

*科学技術庁特別研究員

* Science and Technology Agency research fellow

いと考えられるIBP粒剤(小澤ら, 1990)の直播水稻での実用性とメタ剤1回散布の被害回避効果を圃場レベルで調べ、湛水直播における本貝の管理法を検討した。

本文に先立ち、圃場の便宜やイネの管理に協力していただいた行徳 裕氏、宮川竜二氏、調査に多大な援助を賜った山田四雄氏、荅 博行氏、吉田和弘氏、橋本聖代氏にお礼申し上げる。また、開発中で未販売のメタ剤を提供していただいたサンケイ化学株式会社に感謝の意を表す。

材料及び方法

圃場試験は熊本県菊池市の農家圃場(A圃場と呼ぶ; 29a)と菊池郡志志町の熊本県農業研究センター内の圃場(B圃場と呼ぶ; 7a)で行った。両圃場とも播種以前に通常より多くの耕起や代かきを行ったことが一因で(和田ら, 未発表), スクミリングガイの密度は比較的低かった。そこで、両圃場とも畦波シートで南北に2等分し、後述する方法で一方の区画に貝を放飼して密度を高めた。

1. A圃場における試験

2000年6月6日に両区画に代かき同時土中点播種機を用いて酸素供給剤(過酸化カルシウム16%粉粒剤)をコーティングした催芽粉(品種: ヒノヒカリ)を土中播種(乾粉約3kg/10a相当)した。両区画の中をさらに畦波シートで分割してそれぞれ4つの試験区(2.9a/区)を作り(計8試験区)、水口方向から、無処理区、IBP粒剤1回散布区(以後、IBP-1区)、IBP粒剤2回散布区(以後、IBP-2区)、メタ剤1回散布区(以後、メタ-1区)を設定した。翌日(播種1日後; 1DASと表す)、湛水状態で貝密度調査を行った。各試験区及び試験区外からそれぞれ10個ずつ1m²の調査枠を系統的に抽出して(圃場全体で100枠)、枠内の貝を全て採集し、殻高を計測後、元に戻した。その後、北側の4試験区にはそれぞれ580頭の貝(2頭/m²; 殻高6~18mm; 平均±標準偏差=14.0±2.2mm)を放飼し、貝放飼エリアとした。南側4区画は貝を放飼しなかった(貝低密度エリア)。貝を放飼後、落水を開始し、圃場全体の落水がほぼ終了した2DASに、所定の試験区にメタ剤(4kg/a相当、以下同様)とIBP粒剤(4kg/a相当、以下同様)を散布した。IBP-2区には9DASに2回目のIBP粒剤を散布した。本圃場は播種後10日まで落水管理する予定であったが、落水期間中に降雨が少なく、無処理区で被害が進展しなかったため、9DASに水路から水を導入し(約320m³; 110mmの雨量に相当)、48時間、圃場全体を人為的に冠水させた。再落水後、大部分のイ

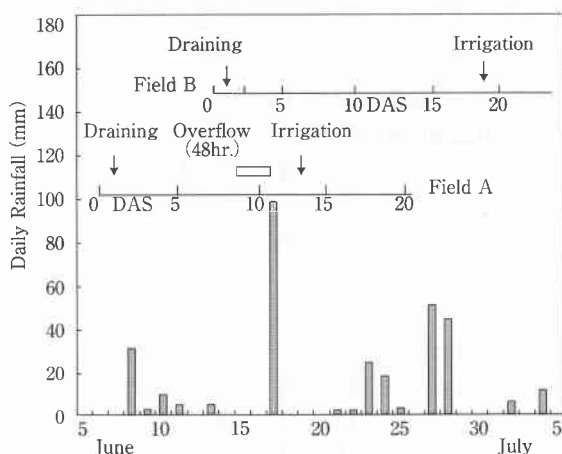


Fig. 1. Daily rainfall during the experiment periods and water management in Field A and Field B. DAS: Days after sowing, Overflow: the field was artificially flooded for 48 hr.

ネが2.2~2.5葉期(不完全葉を除いた葉齢。以下の記載も全て同様な葉齢)に達した13DASに湛水した(Fig.1参照)。14DASに除草剤ブタミホス9%粒剤(1kg/10a相当)を圃場全体に散布した。

苗立数を調べる目的で、圃場落水後に各試験区に4つの調査プロットを設定した。プロットはイネ4条(条間約30cm)、7株/条(株間約20cm)から構成され(計28株)、目印として境界に細いプラスチック棒を立てた。また、貝のいない場合の苗立数を推定する目的で、メタ-1区の中に、畦波シートで囲んだ3m²の調査プロットを2つ(メタ-1区は両エリアに1つずつあるので、計4つ)設置し、中の貝を取り除いた(以下、無貝プロット)。プロット内の水の出入を図るため、畦波シートには地際付近にキリで多数穴をあけた。また、除去漏れの貝の活動を阻止するため、プロット内には毎週、メタ剤を少量散布した。プロット内の苗立数(健全苗と被害苗)を株ごとに、入水直前の13DASと、入水1週間後の20DAS、株の消失の有無を28DASに調査した。苗立数は各プロットの面積を計測して1m²当たりの数値に変換した。

また、貝の死亡率を調べる目的で、各試験区に畦波シートで面積約2m²の枠を2つ設置し(同じ薬剤条件では計4つ)、中にペンキで殻にマークした貝(殻高12.0~16.0mm; 平均14.0mm)をそれぞれ15頭放飼した。畦波シートの下部にはネット状の窓を作り、枠内外への水の出入をはかった(以下、小プロット)。小プロット内の貝は20DASに回収し、生死を調べた。

なお、試験区やプロットを作るために用いた畦波シート上部には銅網を貼り、貝が境界を越えて移動しないようにした（B圃場においても同様）。

2. B圃場における試験

2000年6月13日に南北2等分されたB圃場に湛水土中条播機により酸素供給剤をコーティングした催芽粉（品種：ヒノヒカリ）を土中播種（乾粉約3 kg/10a相当）した。翌日（1 DAS）、湛水状態で貝密度調査を行った。調査は、A圃場と同様、1 m²の枠を圃場全体で80個、系統的に抽出し、枠内の貝を全て採集し、殻高を計測後圃場に戻した。その後、畦波シートで77~113 m²の試験区を南北それぞれ4区画、計8区画を作り、それぞれ、水口側から無処理区、IBP-1区、IBP-2区、メタ-1区と設定した。南側4区画には殻をペンキでマークした貝を試験区面積に応じて154~226頭（2頭/m²相当、殻高平均+標準偏差=14.0±2.2 mm）放飼した（貝放飼エリア）。北側の4試験区には貝を放飼しなかった（貝低密度エリア）。その後、圃場全体で落水を開始した。落水が完了した翌日（2 DAS）に、IBP粒剤とメタ剤を所定の試験区に散布した。圃場は7月1日（18DAS）まで落水管理し、翌2日（19DAS）に入水、湛水状態にした（Fig.1参照）。この時、イネの生育ステージは平均4.3葉期であった。落水期間中の10DASにIBP-2区で2回目のIBP粒剤散布を行った。また、15DASに除草のためシハロホップブチル3%・ベンタゾン20%液剤（100倍液100%²/10a相当）を散布した。各試験区の苗立ち数の調査は、あらかじめ各試験区内に4つの調査プロット（縦1.5m、横4条）をプラスチック棒で設定し、プロット内の健全苗数と貝による被害苗数を条ごとに計数した。苗立数はプロットの面積を計測し、1 m²当たりの苗立数に換算した。苗立ち調査は落水期間中の8 DASと17DAS、湛水してから約1週間が経過した27DASに行った。A圃場と同様、メタ-1区には畦波シートを用いて無貝プロットを作った。

雨量のデータはA圃場から約7.7 km、B圃場から約15.4 km離れたアメダス地点（地点名：菊池）の観測値を使用した。

結 果

1. 試験圃場の初期貝密度

水稻播種直後（1 DAS）の貝の殻高分布をFig.2に示した。A圃場の貝密度は平均0.3頭/m²で殻高の平均値は23.7 mmであった。これまでの報告（菖蒲, 1996; Watanabe et al., 2000）によると、代かきまたは田植え直後の越冬貝は殻高10~15 mm程度の小貝が大部分を

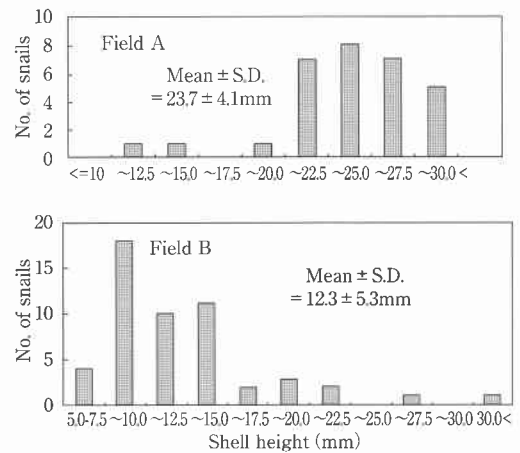


Fig. 2. Shell height distribution of *Pomacea canaliculata* observed one day after rice seeding in Field A (top) and Field B (bottom).

占めるが、A圃場ではこの時期としては著しく大きな貝が多数を占めた。この原因は不明である。貝放飼エリアで1 DASに貝を放飼した後の密度は平均2.3頭/m²、殻高平均は15.3 mmとなった。

1 DASのB圃場における貝密度は平均0.7頭/m²であり、平均殻高は12.3 mmであった。貝放飼エリアでは貝を放飼後、密度は平均2.7頭/m²となり、殻高の平均は13.6 mmとなった。

2. 降雨条件

A圃場では2 DASの薬剤散布後に31 mmの降雨がみられた（Fig.1）。また、11DASに98 mmの降雨がみられ、さらに9~11DASに人為的に冠水させたので、落水管理後期は多雨条件であった。しかし、被害が最も発生しやすい発芽直後が少雨であったので、全体的な降雨条件は比較的被害が生じ難い条件であったと考えられる。

B圃場では発芽直後の4 DASに98 mmの集中豪雨にみまわれた。また、落水管理後半の10~15DASにも計140 mmの降雨があり、貝による被害が発生しやすい降雨条件であったと考えられる。

3. A圃場の苗立数の推移

落水管理前半の降雨量が少なかったため、無処理区においても貝による被害の進展がほとんどみられなかった。しかし、冠水させた9 DAS以降に無処理区では貝の被害が進展し、13DASの低密度エリア及び貝放飼エリアの苗立数はそれぞれ71本/m²、44本/m²に減少した（Table 1）。その後、13DASに圃場を湛水したため、さらに被害が進展し、20DASでは低密度エリア及び貝放飼エリアの無処理区の苗立数はそれぞれ57本/m²、23

Table 1. Rice plants established in experimental blocks/plots treated with/without molluscicides in Field A

Application		Rice plants established ^{a)} / m ²		Relative % ^{b)}	Rice hill establishment (%)	
Chemical	No. applications	13DAS	20DAS (± S.D.)	20DAS	20DAS	28DAS (± S.D.)
Low snail density area (average 0.3 snails/m ²)						
Metaldehyde	1	103.7	100.2 ± 10.3	97.6	100	100 ± 0
IBP	1	103.9	101.6 ± 4.2	96.1	100	100 ± 0
IBP	2	106.6	105.5 ± 8.9	100.0	100	100 ± 0
Control	0	70.6	56.5 ± 26.9	53.5	92.9	92.9 ± 7.7
Snail-released area (average 2.3 snails/m ²)						
Metaldehyde	1	103.8	101.9 ± 5.7	96.4	100	100 ± 0
IBP	1	93.4	93.0 ± 1.7	88.0	100	100 ± 0
IBP	2	96.4	93.1 ± 9.6	88.0	100	100 ± 0
Control	0	44.0	22.8 ± 12.9	21.6	77.7	75.0 ± 24.4
No snail plot	-	106.4	105.7 ± 9.9	100	100	100 ± 0

a) The number of established plants without snail infestation.

b) Percentage of established plants in each experimental block relative to the number of established plants (=100) in the plots without snails.

本/m²に低下した。これらは、それぞれ無貝プロットの苗立数の54%, 22%に相当する。一方、殺貝剤を散布した試験区をみると、貝低密度エリアでは、いずれの試験区も苗立数の減少はほとんどみられなかった。貝放飼エリアでは、IBP-1区及びIBP-2区で13DASまでに苗立数の減少が多少みられたが、その後の被害の進展は軽微であった。灌水1週間後の20DASでの苗立数は両区とも約93本/m²で、直播水稻での必要苗立数と考えられている80本/m²(尾形ら, 1997)を上回っていた。また、欠株も全くみられなかった。メタ-1区では、13DAS及び20DASとも苗立数の減少はみられなかった。

4. B 圃場の苗立数

発芽直後(4 DAS)の豪雨のため、特に貝放飼エリアの無処理区で被害が進展し、苗立数は8 DASでは33本/m²、落水期間終了前の17DASでは14本/m²に減少した(Table 2)。これらは無貝プロットのそれぞれ37%, 15%に相当する。灌水して約1週間が経過した27DASでは、苗立数がやや回復して27本/m²となった。IBP粒剤を散布した試験区でも貝による被害が進展し、17DASにおけるIBP-1区、IBP-2区の苗立数はそれぞれ37本/m²、25本/m²に減少した。27DASには苗立数はやや回復したが、両区とも必要苗立数は確保できなかった。メタ-1区でも、17DASに苗立数の減少がみられた

Table 2. Rice plants established in experimental blocks/plots treated with/without molluscicides in Field B

Application		Rice plants established ^{a)} /m ² (± S.D.)					
Chemical	No. applications	8 DAS	Relative % ^{b)}	17DAS	Relative % ^{b)}	27DAS	Relative % ^{b)}
Low snail density area (0.7snails/m ²)							
Metaldehyde	1	85.2 ± 16.1	96.2	90.1	98.7	87.6 ± 14.9	96.6
IBP	1	83.6 ± 11.7	94.4	86.2	94.4	83.8 ± 14.9	92.4
IBP	2	77.9 ± 16.8	87.9	80.4	88.1	79.4 ± 17.9	87.5
Control	0	49.0 ± 16.1	55.3	51.8	56.7	58.6 ± 18.5	64.6
Snail-released area (average 2.7snails/m ²)							
Metaldehyde	1	96.9 ± 11.7	109.4	73.9	80.9	86.1 ± 9.0	94.9
IBP	1	48.6 ± 30.7	54.9	36.8	40.3	47.9 ± 33.8	52.8
IBP	2	36.0 ± 21.6	40.6	25.1	27.5	38.5 ± 19.6	42.5
Control	0	32.6 ± 21.8	36.8	13.8	15.1	26.8 ± 19.1	29.5
No snail plot	-	88.6 ± 15.6	100	91.3	100	90.7 ± 14.6	100

a) The number of established plants without snail infestation.

b) Percentage of established plants relative to the number of established plants (=100) in the plots without snails.

Table 3. Mortality of the snails released in the plots settled in the blocks treated with/without molluscicides in Field A

Chemical	No. of applications	Replication	No. of snails released/ plot	No. of snails		Recovery ^{a)} rate (%)	Mortality (% ± S.D.)	Corrected ^{b)} mortality (%)
				alive	dead			
Metaldehyde	1	4	15	1.5	12.0	90.0	88.8 ± 13.4	87.7
IBP	1	4	15	6.0	7.3	88.3	54.9 ± 27.6	50.5
IBP	2	4	15	4.0	10.0	93.3	71.4 ± 17.5	68.8
Control	0	4	15	13.0	1.3	95.0	8.8 ± 7.0	0.0

^{a)} (The number of alive+dead snails found after treatments / the number of snails released) × 100

^{b)} Corrected with Abbott's formula (Yasumatu et al. 1970).

Table 4. Snail mortality estimated from the changes of snail densities before and after the molluscicide treatments in experimental blocks of Field A

Treatment (chemical)	No. of treatments	Snail density ^{a)} /m ²		Mortality ^{b)} (%)	Corrected ^{c)} mortality (%)
		before treatment	after treatment		
Metaldehyde	1	2.2	0.15	93.2	91.3
IBP	1	2.5	0.70	72.0	64.0
IBP	2	2.1	1.10	47.6	32.6
Control	0	2.7	2.10	22.2	0

^{a)} Snail densities were censused on June 7 before the treatment and on June 26 after the treatment. Two snails /m² were released in each block on June 7 after the census.

The above values of the snail densities before the treatment are ones for natural and released snails.

^{b)} An assumption is settled that neither of immigration, emigration nor birth of snails occurred in each block. This assumption was quite realistic in this case.

^{c)} see marginal notes in Table 3

Table 5. Snail mortality estimated from the density changes of released snails before and after the molluscicide treatments in experimental blocks of Field B

Treatment (chemical)	No. of treatments	Released snail density ^{a)} /m ²		Mortality ^{b)} (%)	Corrected ^{c)} mortality (%)
		before treatment	after treatment		
Metaldehyde	1	2.0	0.05	97.0	92.5
IBP	1	2.0	1.0	50.0	0
IBP	2	2.0	0.8	60.0	0
Control	0	2.0	0.8	60.0	0

^{a)} Snail densities were censused on June 14 before the treatment and on July 4 after the treatment. Paint-marked snails were released at the density of two snails/m² in each experimental block on June 14 after the census.

^{b)} See marginal notes in Table 4.

^{c)} See marginal notes in Table 3.

が、27DASには回復し86本/m²(無貝区の95%)と、必要苗立ち数を確保することができた。低密度エリアではIBP粒剤を散布した試験区で、苗立数が減少する傾向がみられたが、最終的には必要苗立ち数を確保することができた。メタ剤を散布した試験区では苗立数の減少がほとんどみられず、必要苗立ち数が確保された。

5. 殺貝剤散布試験区における貝の死亡率

A圃場では貝の死亡率を、小プロット内の放飼貝の生死と、殺貝剤処理前後の生貝の密度変化の二つの方法で

推定した。小プロット内の貝の回収率(放飼貝数に対する処理後の生貝および死貝数の割合)は最低でも88%で良好であった(Table 3)。各試験区の補正後の推定死亡率はメタ-1区が88%、IBP-1区では51%、IBP-2区では69%であった。

生貝の密度変化からの死亡率の推定は、ブロック内で貝の移出入や新規の貝の誕生がないことを仮定している。この場合、各ブロックは越境困難な畦波シートで囲まれており、試験は新規の貝の誕生以前の水稻生育初期に行

われている。従って、上記の仮定は現実的であり、密度変化は貝の死亡に起因すると思われる。また、密度変化からの死亡率推定は低密度エリアと貝放飼エリアの両方から可能であったが、貝放飼エリアからの推定のみを Table 4 に示した。これは両エリアにおける密度調査の際の抽出枠数が同じなので、低密度エリアでは密度推定誤差割合が大きくなり、不正確な推定値になることが予想されるためである。メタ-1区は補正死亡率は91%、IBP-1区では64%、IBP-2区では33%と推定され、IBP-2区以外は、小プロット放飼貝から推定した値によく近似していた。

B圃場では小プロットを設置しなかったため、処理前後の貝密度変化から死亡率を推定した。B圃場では、放飼した貝が全て標識されていたので、殺貝剤処理前の密度で誤差がない標識貝の密度推移によって死亡率を推定した (Table 5)。補正死亡率はメタ-1区で93%と高い値を示したが、IBP-1区及びIBP-2区では処理後の貝密度が無処理区と同じか高くなり、いずれも0%と推定された。

考 察

湛水直播水稲では幼苗期における貝の加害が著しく、被害を受ける期間も3週間程度続く。そのため、殺貝剤を使用する場合も、落水管理と組み合わせる必要がある。播種後、できるだけ長い落水管理が貝対策として望ましいが、落水期間が長期にわたると雑草問題(特にヒエは生長すると防除が困難)が深刻化するため、落水期間には限界がある。除草剤として水面施用の粒剤やバック剤を使用する場合、ヒエ3葉期(イネは2葉期に生長)まで防除が可能である。したがって気温により異なるが、除草剤の水面施用を前提とすると、播種後10日前後までは落水管理が可能である。一方、除草に液剤を用いるなら、ヒエ5葉期(イネは4葉期まで生長)まで防除が可能で、播種後20日近くまで落水期間を延長することができる。そこで、A圃場では除草剤の水面施用を前提として、13日の落水処理と殺貝剤施用を組み合わせた。一方、B圃場では落水管理中の液剤による除草剤茎葉散布を前提として、殺貝剤施用と播種後19日間の落水期間を組み合わせた。

今回の試験では苗立数や貝の死亡率について複数の調査プロットを設けたが、薬剤処理の反復をとることができなかった。そのため薬剤処理の違いに起因した統計検定を行うことはできないが、圃場内の土壌や水条件(落水期間中の水たまりの発生等)は比較的均一であったので、苗立数や死亡率の違いは薬剤処理の違いが反映した

ものと思われる。

少雨条件であったA圃場では、IBP粒剤の1回散布または2回散布で必要苗立数が確保された。しかし、多雨条件のB圃場においては2回散布しても十分な被害抑制効果がえられなかった。殺貝率もA圃場では30~70%と推定されたが、B圃場では全く殺貝効果がみられなかった。これらの結果は、IBP粒剤の有効成分が降雨により容易に溶出することと関連があるであろう。B圃場では1回目の散布直後に大雨、2回目の散布直後にもかなりの雨量がみられ、圃場浸水時に殺貝に必要な濃度が得られなかったものと思われる。現在、本田用に農薬登録されているIBP粒剤、ネライストキシシン系粒剤などは全て、降雨により薬剤の有効成分が速やかに溶出する。このようなタイプの薬剤は散布回数にかかわらず、多雨条件下の直播水稲で十分な効果を発揮することは困難と思われる。

一方、メタ剤の播種直後1回散布はA、B両圃場で十分な被害抑制効果がみられた。これは、メタ剤が毒餌タイプであり、水中で比較的有効成分が溶出しにくいように作られていることがよい結果をもたらしたと考えられる。しかし、現在の製剤は水中に2~3日間放置すると剤型がかなり崩壊する。本試験でもB圃場貝放飼エリアのメタ-1区で、8~17DASの間かなりの健全苗の減少がみられている。小規模試験ではあるが、福島ら(2000)もメタ剤の多雨条件下における効力低下を報告している。したがって、著しい多雨条件や貝の高密度条件では本剤1回散布で十分な効果が得られない可能性がある。貝が稲を加害する期間は播種後3週間までである(福島ら, 1998; Wada et al, 1999)。1回散布で長期間、効力を保つためには、さらに難溶性の製剤開発が望まれる。しかし、毒餌タイプでは貝に対する誘引力を保持することが必要で、持続力と誘引力との兼ね合いは今後の検討課題である。また、メタ剤はA、B両圃場とも90%程度の高い殺貝率が得られた。同剤の被害抑制効果は活動抑制が主因であるとの推測もあるが(鈴木ら, 2000)、殺貝効果も高い。

メタ剤は落水管理と組み合わせることで、かなりの多雨条件下でも播種直後の1回の散布でスクミリングガイによる被害を回避すること可能であった。前述のようにIBP粒剤等の既登録農薬では多回散布でも多雨条件に遭遇すると効果が期待できないので、本剤の早期農薬登録が望まれる。しかしメタ剤であっても、現在の製剤では著しい多雨条件下に1回散布で被害が回避できるかどうか疑わしい。このような条件に対処するためには、播種以前に貝密度を低下させておくことや、圃場の排水対策

が考えられる。前年のイネ収穫後（高橋ら，2000）や冬季（菖蒲，1996）の念入りな耕耘で播種時の貝密度を低減することができる。また，降雨があっても圃場が浸冠水しなければ被害はほとんど発生しないので，圃場の排水対策は重要である。播種と同時に溝切りをしたり（三原，1997；鈴木ら，2000），トラクターのわだちを排水溝に利用する試み（和田ら，未発表）がなされているが，今後の検討課題である。これらの密度低減策や排水対策は，殺貝剤使用の際のオプションだけではなく，減農薬や殺貝剤を使用しないスクミリングガイ管理体系を開発するうえでも重要な技術と思われる。

引用文献

- 福島裕助・藤吉 臨・石丸知道（1998）水稻湛水直播栽培における初期水管理がスクミリングガイの被害軽減に及ぼす影響. 九農研 60：13.
- 福島裕助・許斐健治・石丸知道（2000）水稻湛水直播栽培におけるスクミリングガイに対するメタアルデヒド粒剤の効果. 九農研 62：14.
- Halwart, M. (1994) The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat. *International Journal of Pest Management* 40 (2) : 199-206.
- 平井剛夫（1989）スクミリングガイの発生と分布拡大. 植物防疫 43：498-501.
- Kiyota, H. and K. Sogawa (1996) Ecology and management of the apple snail in Kyushu, Japan. In: Proc. Int. Workshop on the Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems (N. Hokyō and G. Norton eds.) : pp. 187-195.
- Litsinger, J.A. and D.B. Estano (1993) Management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. *Crop Protection* 12(5) : 363-370.
- 三原 実（1997）麦用播種機を利用した麦跡の水稻簡易代かき同時湛水直播法. 九州農業の新技术 10：498-501.
- 尾形武文・林 浩二・A.S.D. Santos・松江勇次（1997）水稻の湛水直播栽培における苗立ち密度が生育や食味に及ぼす影響. 日作九支報 63：10-11.
- 小澤朗人・牧野秋雄・鈴木康詞・石上茂（1990）スクミリングガイに対するIBP粒剤の防除効果. 関東東山病虫害研報 37：249-251.
- 菖蒲信一郎（1996）スクミリングガイの生態と防除. 植物防疫 50：211-217.
- 鈴木芳人・松村正哉・有村一弘・浦野 知・和田 節・遊佐陽一・市瀬克也（2000）落水管理とメタアルデヒド剤によるスクミリングガイの直播水稻の食害防止. 九病虫研会報 46：94-97.
- 高橋仁康・西田初生・関 正裕（2000）スクミリングガイの水稻被害とロータリー耕耘による密度低減. 農業技術 55：226-229.
- 高橋仁康（2001）スクミリングガイの被害を防ぐ—既存のロータリー耕うんで効果. 機械化農業2001（2）：12-15.
- 和田 節（1997）スクミリングガイ—日本と東南アジアにおける最近の動向. 植物防疫 51：459-462.
- Wada, T., K. Ichinose and H. Higuchi (1999) Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). *Appl. Entomol. Zool.* 34 : 365-370.
- 和田 節（2000）スクミリングガイ. 農業および園芸 75（1）：215-219.
- Watanabe, T., K. Tanaka, H. Higuchi, K. Miyamoto, T. Kiyonaga, H. Kiyota, Y. Suzuki and T. Wada (2000) Emergence of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), after irrigation in a paddy. *Appl. Entomol. Zool.* 35 : 75-79.
- Yusa, Y. and T. Wada (1999) Impact of the introduction of apple snail and their control in Japan. *The ICLARM Quarterly* 22 (3) : 9-13.
- 安松京三・山崎輝男・内田俊郎・野村健一（1970）応用昆虫学 第8版，朝倉書店（東京），pp. 282.